福山大学工学部紀要
第1号　1979年3月

分割配分法を用いた中央線変移システムの管制

近　藤　勝　直*

Reversible Lane Control By Using Incremental Assignment Method

Katsunao Kondo

ABSTRACT

This paper is concerned with reversible lane control by using Incremental Assignment Method. Reversible lane system is now popularly used as a tool for diminishing traffic congestion on the main road to city centre. In this paper we expand the reversible lane to the whole road network which is assumed to be composed of arterial road links. Traffic flow which minimizes total travel time on the link can be formulated as a function of "lane ratio", and then equilibrium solutions are caluculated by use of Incremental Assignment Method.

1. はじめに

現在の大都市における道路交通混雑ならびに自動車交通のもたらす環境汚染の解消にあたっては，今後あるべき都市交通の姿を想定し，それに基づいた抜本的な対策が講じられなければならない。たとえば適正な土地利用計画，都市計画，公共交通機関の整備拡充，ならびに交通発生の基盤となるところの社会的・経済的な組織（システム）の改変などがそれである。しかし，これらは一夕一朝に実現することは困難であり，またこれ以上の都市交通空間の増大は望むべくもないことから，そこでどうしても対症療法的ではあるが各種の交通規制が緊急の課題となってくる。

本稿では都市街路の有効利用又は街路の高能率化という観点から中央線変移システムの実施例を紹介すると同時に，街路網をネットワークとしてとらえ，ネットワーク全体に対して中央線変移コントロールを考える場合の方法を分割配分法（Incremental Assignment　Method）を用いて検討する。なお“中央線変移”とは，Reversible Lane の和訳である。直訳すれば可逆車線となるが，これが機能的な訳であるのに対し，前者の方が現象をよく表わしているの

*土木工学科

で，交通警察関係方面では“中央線変移”という言葉の方が定着しているようである。

2. 中央変移システムの運用例

岐阜市の金華橋を中心としてほぼ１㎞の区間（車道巾員１１ｍ，４車線運用）に朝のピーク時（７時～９時）に上り３車線，下り１車線，夕方のピーク時（１７時～１９時）上り１車線，下り３車線，その他の時間帯は上り下り各２車線ずつという運用を昭和４６年１２月より実施している。この中央線変移の運用によって渋滞解消に寄与したばかりではなく，２３％の交通量を誘発した。この運用が成功した原因として朝のピーク時間の交通量が上り3,525台，下り1,286台とほぼ３：１の比率であり，夕方のピーク２時間でも上り1,457台，下り2,890台とほぼ１：２の比率であり，かつ少ない方向の交通量が１車線でまかなえる量であったことと，３車線の交通量を分散吸収するだけの交通容量を終点付近の街路網がもっていたこと，などが報告されている。(1)

また東京方面ではいくつかの放射状幹線道路（甲州街道・青梅街道など）で中央線変移が運用されている。朝の通勤時間帯の上り下り交通量の比率は概ね1.5～2.0であり，それで１車線分の中央線変移を行なうと逆方向（下り方向）に問題が起ると判断して $\frac{1}{2}$～$\frac{2}{3}$車線の中央線変移が実施されている。車道巾員は１５～16.6ｍで片側2.5車線という道路が多いので中央線変移することで３車線＋２車線の有効巾員が確保されるという狙いであった。(1)

広島市祇園町でも国道５４号線において中央線変移システムが運用されている。photo１には中央線標示灯が，photo ２には往復６車線の道路が撮られている。６車線のうち外側各１車線は７：００～９：００の間バス専用レーンが実施されており，中央４車線について中央線変移システムが運用されている。したがってphoto１にもあるように中央線標示灯は３機あり，時間帯によってそのうちの１つが点灯されるしくみである。ちなみに，７：００～９：００には上り（広島市内方向）４車線，１７：００～１９：００上り２車線，他の時間帯では上り下り各３車線の運用となっている。図－１には，昨年１１月２０日(月)の午前中の交通量の実測結果が示されている。ドライバーもこの中央線変移システムについて十分承知しているらしく，午前７時になると上り車線の交通量が急増し，車線が元に戻される９時頃までの間，台形の分布形を示している。それに対して，下り車線の方では全く逆の現象が生じている。中央線変移システム実施前の交通量データーは残念ながら手元

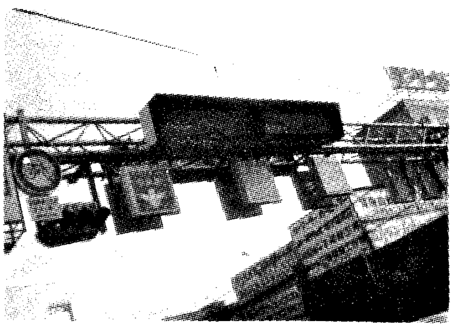
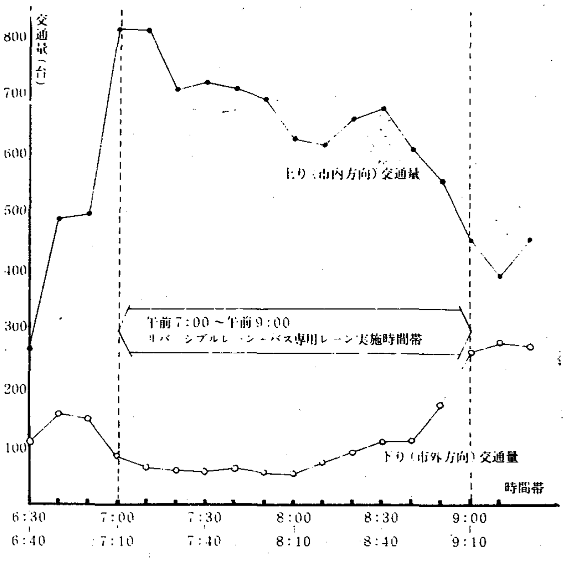


photo １：中央線標示灯（広島市祇園町）

photo ２：２車線＋４車線の運用（広島市祇園町）



図－１　国道５４号線の１０分間交通量
（広島市祇園町 昭和５３年１１月２０日）

にはないが，このシステムの導入により，上り方向についてはスピードアップと容量増大のためかなりの交通量を処理し得ているものと思われる。

以上，中央線変移システムの運用に関していくつかの実施例を紹介してきたわけであるが，まだまだ問題点の多い街路の有効利用法ではある。問題点としては，(1)終端で中央線変移により増大した交通量を処理しうる道路条件を備えていること。それゆえ，終端は右・左折の多い主要交差点と高速ランプの入口などに限られよう。(2)車線に満たない幅の変移となるので車両通行帯（車線）は実施中は無意味になる。(3)中央線標示施設（路面上の）は通常時走行の障害になるし，実施前後に入手を要する，など。[1]

しかし，上でみてきたように交通混雑解消には大いに役立っており，その意義は小さくない。したがって次節以降では，街路の有効利用という積極的な観点に立って，この中央線変移システムを街路ネットワーク全体に拡張する方法について理論的な考察を行なう。

3. 中央線変移システムの考え方と車線数決定法

リバーシブルレーン（中央線変移）システムとは本来ある区間道路において，時間帯によって優勢なピーク交通量のある方向に多くの車線を与えるといった，車線数変更を目的としたシステムである。本稿では，リバーシブルレーンシステムを，対象とする道路網全体に拡張することを考え，与えられたＯＤ交通量を分割配分法によって配分した場合の最適な車線数比率を決定する方法を紹介する。

交通量配分問題においては，走行時間が交通量に依存する（flow dependent）配分方法が数多く用いられている。この場合，走行時間と交通量の関係を表わす走行時間関数の定式化が必要となる。リバーシブルレーンを考える場合，車線数が変数となってくるので，これに対する考慮も払わなければならない。交通量が走行時間に影響を与えると同様に，車線数も走行時間に影響を与える。一般的に交通量が増えれば走行時間は増加し，同じ交通量が流れている時，車線数が多くなれば走行時間は減少する。走行時間は交通量に対して増加関数であり，車線数に対しては減少関数であるといえる。従来のflow dependent な配分理論では，対象道路の車線数は一定なので，車線数に関する要素を係数として走行時間関数に組み入れている。係数の値は，幅員（車線数）の他に，道路条件や道路構造などより経験的に定められている。走行時間関数の形は，実際の交通流における交通量と平均速度の関係と同様な傾向を表現し得るような妥当性のあるものが用いられる。そこで，リバーシブルレーンを考える場合，車線数を変数として，この係数の部分に導入しても妥当性は欠かないと考えられる。

こうして交通量と車線数を変数とする走行時間関数の定式化ができるのであるが，変数の数が従来の配分問題より多くなり，あまり複雑な形の走行時間関数を用いることは数学的な取扱いを困難にすると思われるので，ここでは線形の走行時間関数に車線数に関する変数を導入することを考える。

リンク交通量をX，リンク走行時間をTとすると，従来の配分理論の線形走行時間関数は，

$$T = AX + B \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

のように仮定されている。先に述べたように，Aはリンク距離，幅員（車線数），線形，路面状態などによって定まる係数であり，Bはリンク距離，走行車種などによって定まる係数である。

車線数，すなわちセンターラインの位置を示す変数を車線数比率λとし，車線数に依存する係数aをλの関数として次のようにあらわす。

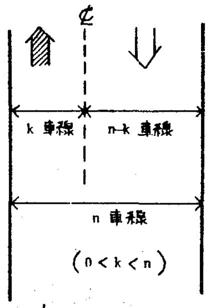
$$a = \frac{A}{2\lambda} \qquad \cdots\cdots(2)$$

ここに

$$\lambda = \frac{k}{n} \text{又は } \lambda = \frac{n-k}{n} \qquad \cdots\cdots(3)$$

この場合，走行時間関数は式(1)より

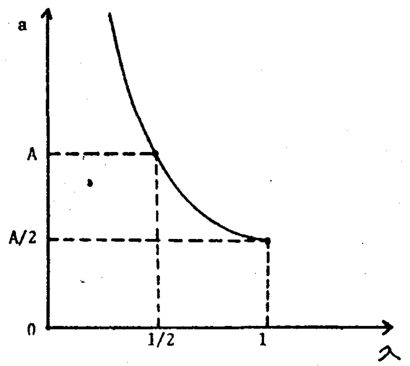
$$T = \frac{A}{2\lambda}X + B = aX + B \quad \cdots(4)$$



図－2

となる。この式において走行時間Tは，交通量Xに対しては増加関数であり，車線数比率λすなわち車線数に対しては減少関数となっている。

また式(3)よりλは0と1の間の変数となる。係数aを交通が流れる場合の走行時間に対する抵抗と考えるとき，aとλの関係は図－3のようになり，



図－3：走行時間関数

(1)　$0 < \lambda \leqq \frac{1}{2}$ では，aは急勾配

(2)　$\lambda = \frac{1}{2}$ では　$a = \mathrm{A}$

(3)　$\frac{1}{2} < \lambda < 1$ では，aは緩勾配

(1)，(3)は，車線が現状の $\lambda = \frac{1}{2}$ より減少すれば，同一交通量のもとで抵抗aは急激に増加し，$\lambda = 0.5$より増加して$\lambda = 1$すなわち一方通行の状態に近づいたとしても抵抗aはそれほど減少しないという意味であり，割合現実的であり，式(4)の仮定は妥当であると考えられる。式(4)の定数a，Bは$\lambda = 1/2$（従来の車線数の状態）のときに従来の交通量配分問題と全く同じになることから，従来の配分理論における線形走行時間関数の係数の値がそのまま用いられる。そこで本稿で用いられる走行時間関数をあらためて次の様に書くことにする。

$$\mathrm{T} = \frac{\mathrm{A}}{2\lambda}\mathrm{X} + \mathrm{B} \quad \cdots\cdots(5)$$

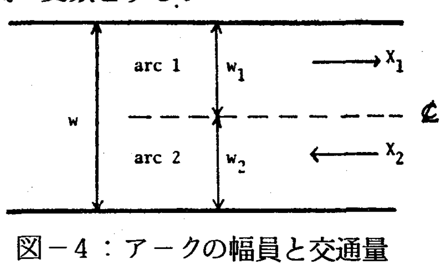
（A，B：正の定数）

道路網に交通量を配分する場合，その配分方法が問題となるが，現実の交通の流れを無視して，ただ単に道路網の効率を最大にするような配分方法では実際の適用性がないし，かといって道路網を効果的に利用できないような配分方法では交通量配分の本来の意味がない。そこで現実の交通流を考慮した上で，道路網の効率を最大にするような配分理論が必要となってくる。しかし現実の交通流は種々雑多な条件によって左右されており，これらすべてを定式化することは不可能に近い。従来の交通量配分理論では，この実際の交通流を解析可能な範囲で定式化し，理論展開を行なっている。この交通量のは握のしかたによって，最短経路配分，時間比原則配分，等時間原則配分，総走行時間最小化配分などの配分理論がある。この中でも等時間原則配分は，各運転者は走行所要時間が最小となる経路を選ぶという現実的な発想から出てきたもので，結果として「あるOD交通が利用している経路については，それらの走行時間が等しく，利用されていない経路の走行時間は，利用されているそれよりも大である」のような配分になっているというものである。[3] この場合，各運転者が経路選択に関する情報を充分に得ていることが前提となる。都市交通においては，ODのトリップ距離が短かいことや，道路情報を入手しやすいことなどから，本稿が対象としている都市内街路網においては，等時間原則配分が適していると思われる。

しかし本研究の場合，式(5)のように走行時間が2つの変数であらわされるために求解がますます困難なものになると予想される。そこで，等時間原則配分の近似計算法とみなされる分割法配分を用いることを考える。分割法配分の等時間原則配分の近似計算法としての妥当性は，飯田恭敬氏の博士論文「道路網交通流に関する基礎的研究」[2] に詳しく述べられている。

分割法配分とは，OD交通量を何層かに分割しておいて，ある層の配分計算が終了するたびに各道路区間の走行時間を修正し，次層の各OD交通量は，この修正した走行時間のもとで各最短経路に配分していく方法である。この分割法配分を利用して，最適車線数比率を求めることを考える。

道路網のある区間道路に着目して，この区間道路のアーク交通量がX_1，X_2で与えられた場合を考える。車線数比率λを次のような0と1の間の変数とする。



図－4：アークの幅員と交通量

$$\lambda_1 = \frac{W_1}{W} \quad \cdots\cdots(6)$$

$$\lambda_2 = \frac{W_2}{W} = 1 - \lambda_1 \quad \cdots\cdots(7)$$

走行時間関数は式(5)のように仮定しているから，アーク1とアーク2の走行時間T_1，T_2は次のようになる。

$$T_1 = \frac{A}{2\lambda_1} X_1 + B \quad \cdots\cdots(8)$$

$$T_2 = \frac{A}{2\lambda_2} X_2 + B \quad \cdots\cdots(9)$$

定数A，Bは先に述べたように，$\lambda = 1/2$ すなわちW_1とW_2 が等しい状態における従来の配分問題の値を用いる。したがってアーク1とアーク2の定数は同じである。リバーシブルレーンの目的は交通量を効率よく流すことであるから，式(8)，(9)を用いて，この区間道路だけの総走行時間TT，すなわち

$$TT = T_1 X_1 + T_2 X_2 \quad \cdots\cdots(10)$$

の値を最小にするようなλ_1，λ_2 を求めてみる。式(7)～(10)より，この区間道路の総走行時間は，

$$TT = \frac{A}{2}\left(\frac{X_1^2}{\lambda_1} + \frac{X_2^2}{1-\lambda_1}\right) + B\,(X_1 + X_2)$$

$$= \frac{AX_1^2}{2}\left\{\frac{1}{\lambda_1} + \frac{(X_2/X_1)^2}{1-\lambda_1}\right\} + B\,(X_1 + X_2) \quad \cdots\cdots(11)$$

となる。$\mu = X_2/X_1$ とおくと，式(11)を最小にすることと，次の式(12)を最小にすることは等価であり，

$$TT^* = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{\mu^2}{1-\lambda_1}, \quad \mu = \frac{X_2}{X_1} \quad \cdots\cdots(12)$$

$0 < \lambda_1,\ \lambda_2 < 1$であることを考慮すれば，

$$\lambda_1 = \frac{1}{1+\mu} = \frac{X_1}{X_1 + X_2} \quad \cdots\cdots(13)$$

$$\lambda_2 = 1 - \lambda_1 = \frac{X_2}{X_1 + X_2} \quad \cdots\cdots(14)$$

のとき，TT^*は最小となる。

結局，アーク交通量X_1，X_2 が与えられた時，1つの区間道路の総走行時間を最小にする車線数比率λが式(13)，(14)で求められる。このときの走行時間T_1，T_2は，

$$T_1 = T_2 = \frac{A}{2}\,(X_1 + X_2) + B \quad \cdots\cdots(15)$$

となる。これで分割法配分で配分されたアーク交通量Xを用いて式(13)，(14)よりλを修正して，式(8)又は(9)により区間道路走行時間を計算して，最短時間経路に配分する手続きをくり返せば，最終的にλの値が求められる。

4. 離散変数としての車線数比率

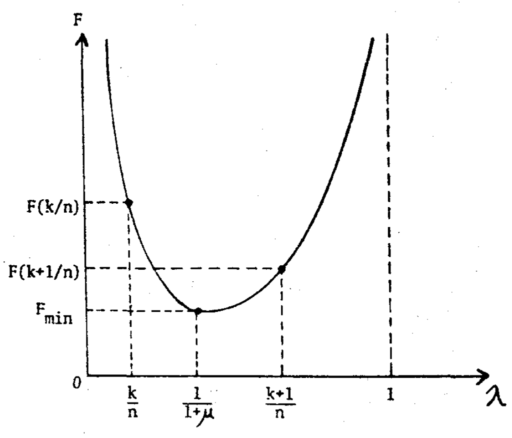
以上は，車線数比率λを0と1の間の連続型変数として取扱ってきたが，実際には車線数を決めるということから，0と1の間の特定の値をとる離散型変数である。そこで離散変数としてのλの値を求める方法として，各区間道路の総走行時間最小化によって求められたλの値を離散変数の値に修正して分割配分を進めていく方法が考えられる。この場合いかにして離散数に修正するかが問題となる。これを次のように考える。式(12)をλの関数と考えて，

$$F(\lambda) = \frac{1}{\lambda} + \frac{\mu^2}{1-\lambda} \quad (\mu：定数) \quad \cdots\cdots(16)$$

とする。図－1のように区間道路の各方向の車線数の合計をn車線とすると，離散変数としてのλのとる値は

$$\lambda = \frac{k}{n} \quad (k = 1,\ 2,\ \cdots,\ n-1) \quad \cdots(17)$$

である。$F(\lambda)$を最小にする $\lambda\ (= 1/(1+\mu))$ がk/n，$(k+1)/n$の間の値になった時を考える。(図－5参照)



図－5：車線数比率に対応したリンクの総走行時間曲線

$$\frac{k}{n} < \frac{1}{1+\mu} < \frac{k+1}{n} \quad \cdots\cdots(18)$$

$$(k \neq n-1)$$

関数F(λ)は$0<\lambda<1$の区間では,

$$\frac{d^2}{d\lambda^2}F(\lambda)>0 \cdots\cdots (19)$$

で下に凸な関数である。

λの値すなわち$1/_{1+\mu}$が式(18)のとき，λの離散数としては$k/_n$か$\frac{k+1}{n}$のどちらかをとるべきだと考えられる。そこで$F(\frac{k}{n})$と$F(\frac{k+1}{n})$の値の小さい方のλが，F(λ)を最小にする離散変数λであるとしてよいだろう。

$$F(\frac{k}{n})=F(\frac{k+1}{n}) \cdots\cdots (20)$$

となるときの$\frac{1}{1+\mu}$の値を求める。式(16)，(20)より，

$$\frac{n}{k}+\frac{\mu^2}{1-\frac{k}{n}}=\frac{n}{k+1}+\frac{\mu^2}{1-\frac{k+1}{n}}$$

$$\mu^2=\frac{(n-k)(n-k-1)}{k(k+1)} \cdots\cdots (21)$$

このとき$\frac{1}{1+\mu}$をλ^*とすると，

$$\lambda^*=\frac{1}{1+\sqrt{\frac{(n-k)(n-k-1)}{k(k+1)}}} \cdots\cdots (22)$$

となる。このことから

$\frac{k}{n}\leqq\lambda\leqq\lambda^*$ ならば　$\lambda=\frac{k}{n}$

$\lambda^*<\lambda<\frac{k+1}{n}$ ならば　$\lambda=\frac{k+1}{n}$

とすればよいことになる。$\lambda=\lambda^*$のときは$F(\frac{k}{n})=F(\frac{k+1}{n})$なので$\lambda=\frac{k}{n}$とする。

また$0<\lambda<\frac{1}{n}$，$\frac{n-1}{n}<\lambda<1$のときには，

$\lambda\to0$　ならば　$F(\lambda)\to\infty$

$\lambda\to1$　ならば　$F(\lambda)\to\infty$

なので$\lambda=\frac{1}{n}$，$\lambda=\frac{n-1}{n}$とする。以上で連続数として求まったλの値を離散数としてのλの値に修正できたわけである。結果をまとめると以下のようになる。

$$\left.\begin{array}{lll} 0<\lambda<\frac{1}{n} & \text{のとき} & \lambda=\frac{1}{n} \\ \frac{k}{n}\leqq\lambda\leqq\lambda^* & \text{のとき} & \lambda=\frac{k}{n} \\ \lambda^*\leqq\lambda<\frac{k+1}{n} & \text{のとき} & \lambda=\frac{k+1}{n} \\ \frac{n-1}{n}\leqq\lambda<1 & \text{のとき} & \lambda=\frac{n-1}{n} \end{array}\right\} \quad (23)$$

$$(k=1,\ 2,\ \cdots\cdots n-2)$$

5. 計算手順と計算結果

これまで述べてきたように，分割法配分を用いて車線数比率λと配分交通量Xを求める場合の計算手順は次のようになる。

〔1〕与えられたＯＤ表に対し，全ＯＤ交通量Nで各ＯＤ交通量を除し，単位ＯＤ表Ｐを作成する。

〔2〕つぎにNをM分割し，これを△Nとおく。

$$\triangle N=N/_M$$

〔3〕最初に零フロー時の走行時間で最短時間経路に△N・ＰのＯＤ交通量を配分して各アークの交通量を求め，式(13)，(14)，(23)を用いて車線数比率λを決定する。(最短ルート探索ＤＰアルゴリズムは Appendix 参照)

〔4〕配分交通量と決定したλを用いて式(8)，(9)より走行時間を算定する。

〔5〕この走行時間を用いて次の△Ｎ・Ｐを配分する。

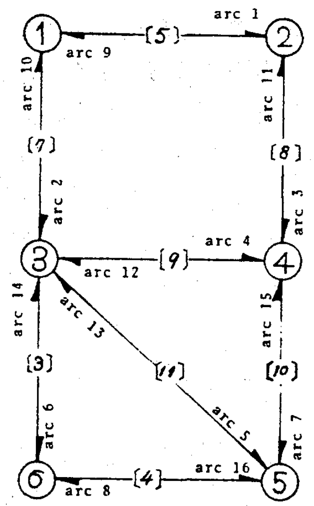
〔6〕各アークの配分交通量より，式(13)，(14)，(23)を用いて車線数比率λを修正する。

〔7〕第１回目，第２回目の配分交通量を累計し，走行時間を求め，これを用いて第３回目の△Ｎ・Ｐを配分する。

〔8〕以下同様にして，計算するごとに交通量を累加し，車線数比率λと走行時間を修正してＭ回目まで計算を行なう。

〔9〕第Ｍ回目の配分計算終了後の各アークの配分交通量，車線数比率を均衡解とする。

以上の計算手順に従って次のような仮想的なケースについてリバーシブルレーンコントロールを行ってみた。想定したネットワークが図—



図－6：仮想ネットワーク

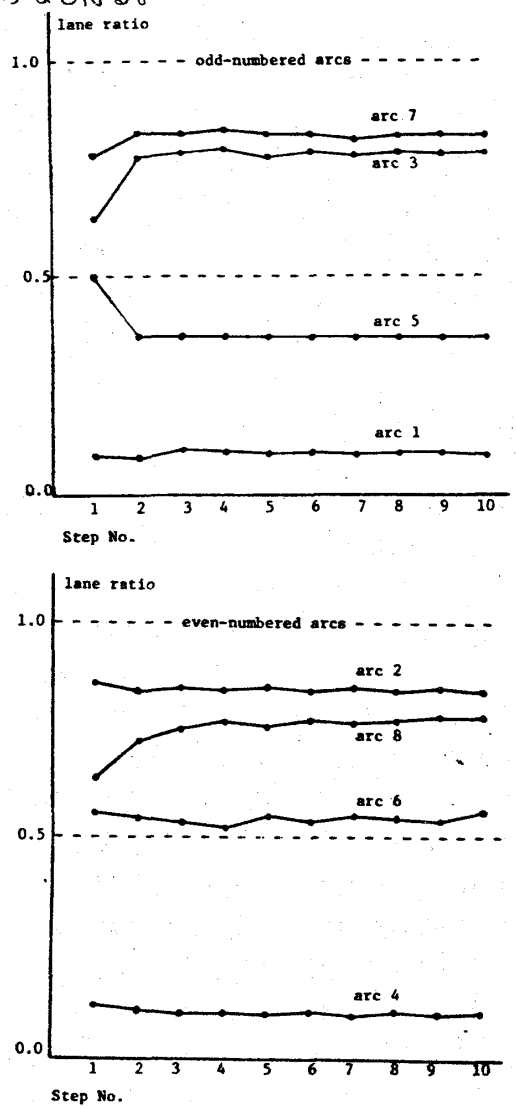
6に示されている。ここに発生・集中点は6個，それらを連結しているリンクが8本，そしてリンクはさらに往復別にアーク番号を付すものとする。リンク上の〔 〕内は零フロー時の走行時分を示す。そして想定された自動車ＯＤ表が表－1に示されており，ノード番号3の点を都市中心とみなし得るようなＯＤ構成となっている。

(vehicles)

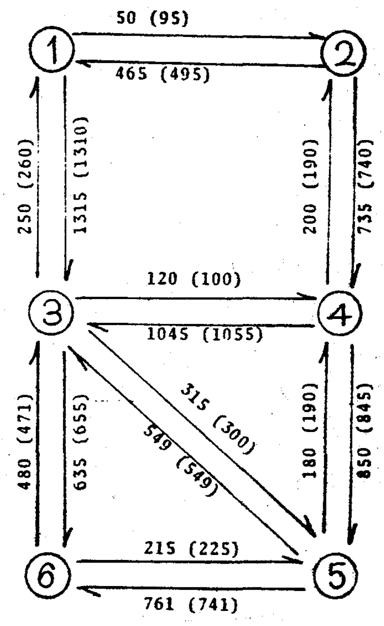
↗	1	2	3	4	5	6
1	—	—	600	—	150	200
2	—	—	550	100	150	300
3	150	100	—	50	200	200
4	100	50	660	—	200	400
5	50	—	560	100	—	200
6	—	—	400	100	100	—

表－1：想定した自動車ＯＤ表

以上の計算結果が図－7と図－8に示されている。まず図－7には，1から8までのアークについての車線数比率の値が分割配分計算のステップ番号毎に掲げられている。(アーク番号9から16までのアークについては省略してある。) これをみても分るように車線数比率は分割配分計算が終りに近づくにつれある値に収れんしてゆく。すなわち，この車線数比率は意外と安定的なものであることが分る。実際の運用に当っては，第4節でも述べたとおり，離散的な値しかとり得ないのであるから，計算開始の最初の数ステップを除けば，以後は全くコンスタントとみなし得る。



図－7：計算過程における車線数比率の値の変化



図－8：配分交通量

一方，図－8には配分交通量が得られている。アーク上の数字がリバーシブルレーンを実施したときの配分交通量，（　）内の数字がリバーシブルレーンを実施しないとき，すなわち往復とも等しい車線数を持つ場合（$\lambda=0.5$）の分割配分法による配分交通量の値である。両法の配分交通量はどのアークをみても極めて似通った値となっている。これは分割配分法が等時間原則配分法の近似計算法としての性格をもっていること，すなわち，等時間原則配分法が総走行時間最小化配分と等価であるということに起因しているものと思われる。なお，リバーシブルレーンを実行した時のネットワーク全体での総走行時分は496,118(分)で，実行しないときのそれは672,364(分)であった。したがって，実行しない時に較べて約26％の走行時分短縮効果を得たことになる。したがって，総走行時間最小化を含意するところの等時間原則配分法の近似計算法としての分割配分法によって，リバーシブルレーンを実行した場合の総走行時分は，それを実行しない時の（最小化された）総走行時分よりも小さくなることが判明したわけで，交差点条件などを度外視すれば，ネットワークの効率的利用に寄与する方法として，多車線幹線道路ネットワーク全体の中央線変移システムを位置づけることができる。ただし，交差点の影響（容量やノード通過時間）を考慮に入れたモデルは今後の課題であるし，交差点改良の指針もそれによって導出されよう。

6. 結　　語

本研究のまとめを以下に要約する。

〔1〕ある区間道路（リンク）に着目した場合，そのリンクを走行する往復の交通時間の総和を最小にする車線数比率は交通量に比例する。（式(13)，(14)参照）これは現実的な観点から妥当な結論であり，レーン・コントロールをする時に交通量に比例して車線を割当てるという現行の中央線変移コントロールに理論的根拠を与えるものである。

〔2〕第3節では車線数比率を連続変数として取扱ったが，実際には第4節で紹介したような離散変数としてコントロールすればよい。

〔3〕分割配分法を用いて配分計算を行なったが，この配分計算のプロセスは，一種の制御過程とみなすことができる。第5節の計算例でも示したように，ドライバーにとっての試行錯誤による経路選択の過程をシミュレートしていると考えることができ，したがって，車線数比率λが分割配分が進行するにつれ一定の値に収束していったことは，均衡解に近づいていくプロセスであると考えることができる。したがって，中央線変移システムの管制にあたっては，対象とする時間帯の当初から，この収束値の車線数比率でもってレーン配分を設定すればよいものと思われる。

〔4〕ネットワーク全体での総走行時間は，中央線変移システムを実施した場合は，しない場合に較べて減少する。したがってネットワークはより効率的に利用されているといえる。

最後に本研究をまとめるにあたって有益な意見をいただいた大阪市交通局多田英司氏，ならびに計算を手伝っていただいた福山大学学生寺尾信吾君の両名に謝意を表する。なお計算には，福山大学MELCOM－COSMO500を使用した。

≪参　考　文　献≫

(1) 交通工学研究会編；「交通工学ハンドブック」第15章，技報堂，昭和48年
(2) 飯田恭敬；「道路網交通流に関する基礎的研究」京都大学学位論文，昭和47年
(3) Wardrop, J. G.；"Some Theoretical Aspects of Road Research", Proc. of Inst. of Civil Engineers, Part II，1952
(4) 近藤勝直，多田英司；"リバーシブルレーンと一方通行システム" 第12回日本道路会議特定課題論文集，昭和50年

```
          SUBROUTINE MINLEN (N,NL)
          INTEGER D,P,Q,S
          COMMON D (20,20), LC (30), P (30,20), Q (30,20),
        * S (20,20), LR (30), LRC (20,20,30)
C         MINIMUM PATH OF NETWORK
          WRITE (6,605) (I,I=1,NL)
      605 FORMAT (1H1,2/,5X,'PAIR', 1X, 16I3, 2X,'MIN.LEN',/)
C         LENGTH OF MINIMUM PATH
          DO 9000 I=1,N
          P(I,I)=0
          DO 10 J=1,N
          IF(J.EQ.I) GO TO 14
          P(1,J)=999
       14 CONTINUE
          P (2,J)=P (1,I)+D (1,J)
          Q (2,J)=P (1,J)
          1F (P(1,J). GT.P (2,J)) Q (2,J)=P (2,J)
       10 CONTINUE
          L=2
      300 CONTINUE
          L=L+1
          DO 20 J=1,N
          MIN=9999
          LL=L-1
          DO 30 K=1,N
          MAN=P (LL,K)+D (K,J)
          IF (MIN. LE. MAN) GO TO 30
          MIN=MAN
       30 CONTINUE
          P (L,J)=MIN
          Q (L,J)=P (L,J)
          IF (Q(L,L). GT.P (LL,J)) Q (L,J)=P (LL,J)
```

```
   20 CONTINUE
      DO 40 J=1,N
      IF (Q(L,J). EQ.Q (LL,J)) GO TO 40
      GO TO 300
   40 CONTINUE
      DO 50 J=1,N
   50 S (I,J)=Q (L,J)
 9000 CONTINUE
C
C     LINKS OF MINIMUM PATH
C
      DO 8000 I=1,N
      DO 8000 J=1,N
      DO 77 KK=1,NL
   77 LR (KK)=0
      IF (I.EQ.J) GO TO 6000
      JJ=J
 7000 CONTINUE
      L1=S (I,JJ)
      DO 70 K=1,N
      IF (K.EQ.JJ) GO TO 70
      L2=S (I,K)+D (K,JJ)
      IF (L1. EQ. L2) GO TO 80
   70 CONTINUE
      GO TO 90
   80 II=10*K+JJ
      DO 90 M=1,NL
      IF (II.EQ.LC (M)) GO TO 100
   90 CONTINUE
      II=10*I+JJ
      IF (I.GT.JJ) II=10*JJ+I
      DO 88 KL=1,NL
```

```
      IF (II.EQ.LC(KL)) LR (KL)=1
   88 CONTINUE
      GO TO 6000
  100 LR (M)=1
      JJ=K
      GO TO 7000
 6000 CONTINUE
      WRITE (6,606) I,J, (LR(M), M=1,NL), S (I,J)
      DO 888 M=1,NL
      LRC (I,J,M)=LR(M)
  888 CONTINUE
  606 FORMAT (4X,"(",2I2,")", 16I3, 5X, I5)
 8000 CONTINUE
      RETURN
      END
```